

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-289316

(43)Date of publication of application : 27.10.1998

(51)Int.Cl.

G06T 7/00

G01C 3/06

G06T 15/00

(21)Application number : 09-099334

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 16.04.1997

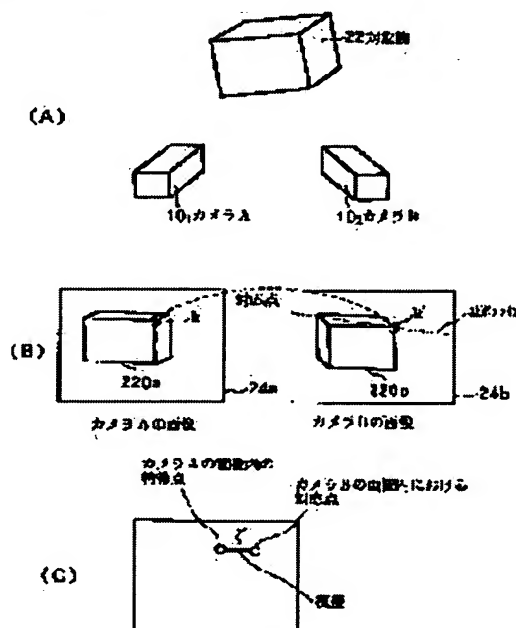
(72)Inventor : YOKOYAMA ATSUSHI  
MIWA SACHIKO

## (54) PARALLAX CALCULATOR, DISTANCE CALCULATOR AND METHOD FOR THE SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To exactly measure the distance and shape of object by respectively detecting correspondent points while making correspondent the pixels of plural images generated by photographing the object, calculating the parallax between the pixel and its correspondent point and correcting this parallax information into probable value.

**SOLUTION:** When an object 22 is photographed by two cameras A and B, a reference image 24a including an image 220a of object is provided from the camera A, a reference image 24b including an image 220b of object is provided from the camera B, and the images 220a and 220b include the pixels [correspondent points (k) and k'] photographing the same part on the object 22. The correspondent points between these images 24a and 24b are detected, and the parallax between the correspondent points (k) and k' is found for the unit of a pixel. Based on the parallax between the correspondent points (k) and k' and the camera angles and distances of cameras A and B, the distance between the respective points on the object 22 and the cameras A and B can be measured and the shape of object 22 can be analyzed by applying the principle of triangulation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-289316

(43) 公開日 平成10年(1998)10月27日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 1 5

G 0 1 C 3/06

G 0 1 C 3/06

V

G 0 6 T 15/00

G 0 6 F 15/62

3 5 0 V

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平9-99334

(22) 出願日

平成9年(1997)4月16日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 横山 敦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 三輪 祥子

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

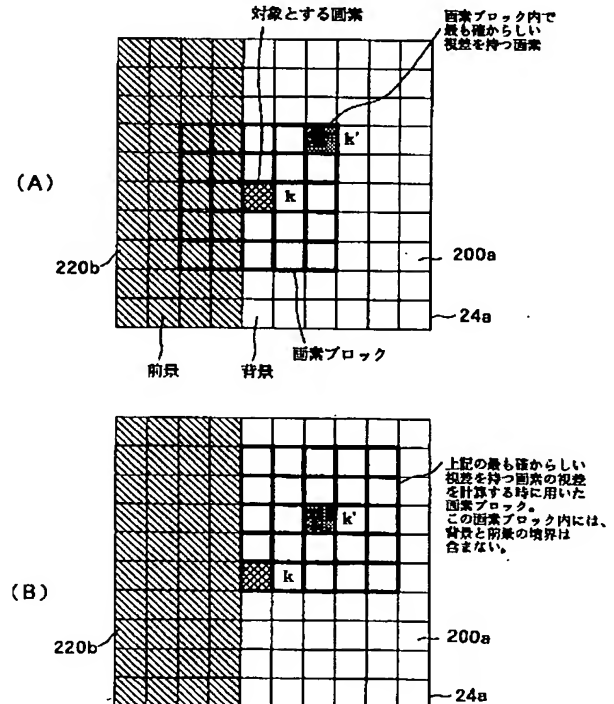
(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

(54) 【発明の名称】 視差算出装置、距離算出装置およびこれらの方法

(57) 【要約】

【課題】ステレオ画像処理により得られる画素間の視差情報を確からしい値に補正する。

【解決手段】まず、基準画像の各画素と参照画像24bの各画素とを、所定の評価関数を用いたエリアベースマッチング法により対応付け、第1の視差 $d_1$ を算出する。評価関数の値が高い相関性を示している場合には、対応点の検出を確実であると評価し、算出した視差 $d_1$ をそのまま用いる。評価関数の値が低い相関性を示している場合には、対応点の検出を不確実であると評価し、図5(A)に示すように、対応が不確実な画素を中心画素とし、より広い画素ブロックに含まれる画素それぞれと、これらの対応点との間の評価関数の値に基づいて、最も高い相関性を示す画素を探し、探し当てた画素の視差 $d_2$ で視差 $d_1$ を置換し、補正を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】対象物を撮影して第 1 の画像を生成する第 1 の画像生成手段と、

前記対象物を撮影して第 2 の画像を生成する第 2 の画像生成手段と、

生成した前記第 1 の画像の画素（第 1 の画素）それぞれと、生成した前記第 2 の画像の画素（第 2 の画素）それぞれとを対応付けて、前記第 1 の画素それぞれと対応する前記第 2 の画素（対応点）を検出する対応点検出手段と、

前記第 1 の画素それぞれと、検出したこれら第 1 の画素それぞれの前記対応点との間の第 1 の視差を算出する第 1 の視差算出手段と、

前記第 1 の画素それぞれを含む所定の範囲内の第 1 の画素の内、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の前記第 1 の視差に基づいて、算出した前記第 1 の画素それぞれと前記対応点との間の前記第 1 の視差それぞれを補正する視差補正手段とを有する視差算出装置。

【請求項 2】前記視差補正手段は、

算出した前記第 1 の視差それぞれを、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する請求項 1 に記載の視差算出装置。

【請求項 3】前記視差補正手段は、

前記第 1 の画素それぞれと前記対応点それぞれとの対応が確実か否かを評価する確実性評価手段と、

算出した前記第 1 の視差の内、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する補正手段とを有する請求項 1 に記載の視差算出装置。

【請求項 4】前記対応点検出手段は、前記第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれに対応する可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、

前記視差補正手段の前記確実性評価手段は、前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点とに対する前記所定の評価関数の値に基づいて、前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点との対応が確実か否かを評価する請求項 3 に記載の視差算出装置。

【請求項 5】前記対応点検出手段は、前記第 1 の画素それぞれを中心とする第 1 の画素ブロックに含まれる第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれの対応点である可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックに含まれる第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、前記所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、

前記視差算出手段の前記補正手段は、

前記第 1 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックを含む第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素と、前記第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素の対応点とに対する前記評価関数の値に基づいて、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素を検出し、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、前記第 2 の視差を生成する請求項 3 に記載の視差算出装置。

【請求項 6】対象物を撮影して第 1 の画像を生成する第 1 の画像生成手段と、

前記対象物を撮影して第 2 の画像を生成する第 2 の画像生成手段と、

生成した前記第 1 の画像の画素（第 1 の画素）それぞれと、生成した前記第 2 の画像の画素（第 2 の画素）それぞれとを対応付けて、前記第 1 の画素それぞれと対応する前記第 2 の画素（対応点）を検出する対応点検出手段と、

前記第 1 の画素それぞれと、検出したこれら第 1 の画素それぞれの前記対応点との間の第 1 の視差を算出する第 1 の視差算出手段と、

前記第 1 の画素それぞれを含む所定の範囲内の第 1 の画素の内、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の前記第 1 の視差に基づいて、算出した前記第 1 の画素それぞれと前記対応点との間の前記第 1 の視差それぞれを補正する視差補正手段と、

補正した前記第 1 の視差と、前記第 1 の画像生成手段および前記第 2 の画像生成手段の位置関係とに基づいて、前記第 1 の画像生成手段および前記第 2 の画像生成手段と、前記対象物との間の距離を算出する距離算出手段とを有する距離算出装置。

【請求項 7】前記視差補正手段は、

算出した前記第 1 の視差それぞれを、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する請求項 6 に記載の距離算出装置。

【請求項 8】前記視差補正手段は、

前記第 1 の画素それぞれと前記対応点それぞれとの対応が確実か否かを評価する確実性評価手段と、

算出した前記第 1 の視差の内、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する補正手段とを有する請求項 6 に記載の距離算出装置。

【請求項 9】前記対応点検出手段は、前記第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれに対応する

10

20

30

40

50

可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、

前記視差補正手段の前記確実性評価手段は、前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点とに対する前記所定の評価関数の値に基づいて、前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点との対応が確実か否かを評価する請求項 8 に記載の距離算出装置。

【請求項 10】前記対応点検出手段は、前記第 1 の画素それぞれを中心とする第 1 の画素ブロックに含まれる第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれの対応点である可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックに含まれる第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、前記所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、

前記視差算出手段の前記補正手段は、前記第 1 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックを含む第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素と、前記第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素の対応点とに対する前記評価関数の値に基づいて、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素を検出し、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、前記第 2 の視差を生成する請求項 8 に記載の距離算出装置。

【請求項 11】対象物を撮影して第 1 の画像を生成し、前記対象物を撮影して第 2 の画像を生成し、生成した前記第 1 の画像の画素（第 1 の画素）それぞれと、生成した前記第 2 の画像の画素（第 2 の画素）それぞれとを対応付けて、前記第 1 の画素それぞれと対応する前記第 2 の画素（対応点）を検出し、

前記第 1 の画素それぞれと、検出したこれら第 1 の画素それぞれの前記対応点との間の第 1 の視差を算出し、前記第 1 の画素それぞれを含む所定の範囲内の第 1 の画素の内、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の前記第 1 の視差に基づいて、算出した前記第 1 の画素それぞれと前記対応点との間の前記第 1 の視差それぞれを補正し、

補正した前記第 1 の視差と、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の撮影位置とに基づいて、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の撮影位置と、前記対象物との間の距離を算出する視差・距離算出方法。

【請求項 12】算出した前記第 1 の視差それぞれを、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する請求項 11 に記載の視差・距離算出方法。

【請求項 13】前記第 1 の画素それぞれと前記対応点そ

れぞれとの対応が確実か否かを評価し、

算出した前記第 1 の視差の内、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する請求項 11 に記載の視差・距離算出方法。

【請求項 14】前記第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれに対応する可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、

前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点とに対する前記所定の評価関数の値に基づいて、前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点との対応が確実か否かを評価する請求項 13 に記載の視差・距離算出方法。

【請求項 15】前記第 1 の画素それぞれを中心とする第 1 の画素ブロックに含まれる第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれの対応点である可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックに含まれる第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、前記所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、

前記第 1 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックを含む第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素と、前記第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素の対応点とに対する前記評価関数の値に基づいて、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素を検出し、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、前記第 2 の視差を生成する請求項 13 に記載の視差・距離算出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2 台以上のカメラで同一の対象物の基準画像と参照画像とを撮影し、これらの画像の画素それぞれを相互に対応付けて、2 台のカメラの対象物に対する視差、および、対象物と 2 台のカメラとの間の距離を、画素ごとに求める視差測定装置、距離算出装置（いわゆるステレオ画像処理装置）およびこれらの方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、文献「解説、ビデオレート・ステレオマシン（A Video-rate Stereomachine；金出，木村 著、日本ロボット学会誌 vol.13 No.3, pp.322～p.326 1995）」には、2 箇所以上から同一の対象物を撮影することにより、あるいは、2 台以上のカメラで撮影することにより得た複数の画像の間で、互いに対応する画素の間の視差情報を得て、対象物上の各点の距離、あるいは、対象物の形状を計測する、いわゆるステレオ

画像処理装置が開示されている。

【0003】しかしながら、従来のステレオ画像処理装置を用いると、背景と対象物との位置関係によっては、対象物の輪郭の近傍において複数の画像間で画素の対応付けが不正確になり、画素間の視差情報、対象物の距離および形状を正しく計測できないという問題が生じる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、対象物の複数の画像から得られた画素間の視差情報を確からしい値に補正することができる視差測定装置を提供することを目的とする。また、本発明は、対象物の複数の画像から得られた画素間の視差情報を確からしい値に補正することにより、対象物の正確な距離および形状を計測することができる距離算出装置を提供することを目的とする。また、本発明は、対象物の複数の画像から得られた画素間の視差情報を確からしい値に補正することができ、対象物の正確な距離および形状を計測することができる視差・距離算出方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る視差算出装置は、対象物を撮影して第1の画像を生成する第1の画像生成手段と、前記対象物を撮影して第2の画像を生成する第2の画像生成手段と、生成した前記第1の画像の画素（第1の画素）それぞれと、生成した前記第2の画像の画素（第2の画素）それぞれとを対応付けて、前記第1の画素それぞれと対応する前記第2の画素（対応点）を検出する対応点検出手段と、前記第1の画素それぞれと、検出したこれら第1の画素それぞれの前記対応点との間の第1の視差を算出する第1の視差算出手段と、前記第1の画素それぞれを含む所定の範囲内の第1の画素の内、対応点との対応が最も確実な前記第1の画素と、この対応が最も確実な第1の画素の前記対応点との間の前記第1の視差に基づいて、算出した前記第1の画素それぞれと前記対応点との間の前記第1の視差それぞれを補正する視差補正手段とを有する。

【0006】好適には、前記視差補正手段は、算出した前記第1の視差それぞれを、前記対応が最も確実な前記第1の画素と、この対応が最も確実な第1の画素の前記対応点との間の第1の視差で置換して補正し、第2の視差を生成する。

【0007】好適には、前記視差補正手段は、前記第1の画素それぞれと前記対応点それぞれとの対応が確実かを評価する確実性評価手段と、算出した前記第1の視差の内、対応が確実でない前記第1の画素と前記対応点との間の前記第1の視差を、前記対応が最も確実な前記第1の画素と、この対応が最も確実な第1の画素の前記対応点との間の第1の視差で置換して補正し、第2の視差を生成する補正手段とを有する。

【0008】好適には、前記対応点検出手段は、前記第1の画素それぞれの画素値と、前記第1の画素それぞれに対応する可能性を有する範囲の前記第2の画素それぞれの画素値とに対して、所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、前記視差補正手段の前記確実性評価手段は、前記第1の画素と、この第1の画素の対応点とに対する前記所定の評価関数の値に基づいて、前記第1の画素と、この第1の画素の対応点との対応が確実か否かを評価する。

【0009】好適には、前記対応点検出手段は、前記第1の画素それぞれを中心とする第1の画素ブロックに含まれる第1の画素それぞれの画素値と、前記第1の画素それぞれの対応点である可能性を有する範囲の前記第2の画素それぞれを中心とする前記第1の画素ブロックに含まれる第2の画素それぞれの画素値とに対して、前記所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、前記視差算出手段の前記補正手段は、前記第1の画素それぞれを中心とする前記第1の画素ブロックを含む第2の画素ブロックに含まれる前記第1の画素と、前記第2の画素ブロックに含まれる前記第1の画素の対応点とに対する前記評価関数の値に基づいて、対応点との対応が最も確実な前記第1の画素を検出し、対応が確実でない前記第1の画素と前記対応点との間の前記第1の視差を、前記対応が最も確実な前記第1の画素と、この対応が最も確実な第1の画素の前記対応点との間の第1の視差で置換して補正し、前記第2の視差を生成する。

【0010】本発明に係る視差測定装置において、第1の画像生成手段および第2の画像生成手段は、異なる位置に配置され、同一の対象物を撮影する2台以上のカメラ、あるいは、移動して異なる位置から同一の対象物を撮影する1台のカメラであって、異なる位置それぞれから対象物を撮影して、同一対象物の第1の画像（基準画像）および第2の画像（参照画像）を生成する。

【0011】対応点検出手段は、基準画像の画素（基準画素）それぞれと、参照画像の画素（参照画素）それぞれとを対応付けて、基準画素それぞれに対応する参照画素（対応点）を検出する。

【0012】具体的には、対応点検出手段は、例えば、第k番目の基準画素の位置と、第1の画像生成手段および第2の画像生成手段の位置関係とから与えられ、第k番目の基準画素と対応する参照画素が存在する範囲を示す仮想的な直線（エピポーラライン；epipolar line）上の参照画素を中心画素とする $n \times n$ 構成の画素ブロック（第1の画素ブロック）と、第k番目の基準画素を中心画素とする $n \times n$ 構成の画素ブロックとの間で、対応する画素間の差分の2乗値の総和〔SSD(sum of squared differences)〕を順次、算出し、第k番目の基準画素に対する対応点として、SSDが最も小さい値を示す参照画素を検出する。

【0013】つまり、対応点検出手段は、例えば、SS

Dを評価関数として用い、第k番目の基準画素を中心画素とする画素ブロックに含まれる画素それぞれの画素値と、エッジライン上の参照画素を中心画素とする同一構成の画素ブロックに含まれる画素値とを評価関数に代入し、第k番目の基準画素の対応点として、画素ブロック間の差分（差分の自乗和）が最小となり、相関性が最も高いと考えられる参照画素を検出する。なお、この評価関数としてのSSDの値は、対応点の検出の確からしさ（確実性）をも示している。

【0014】第1の視差算出手段は、第k番目の基準画素とその対応点との視差（第1の視差）を、例えば画素単位で算出する。

【0015】確実性評価手段は、例えば、SSDの値が所定の閾値以下となる対応点の検出を確実であり、第k番目の基準画素と対応点とは確実に対応すると評価し、SSDの値が所定の閾値以下とならない対応点の検出は確実でなく、第k番目の基準画素と対応点との対応は不確実であると評価する。

【0016】視差補正手段は、対応点の検出が確実でない場合には、例えば、第k番目の基準画素を中心画素とする $m \times m$ 構成（ $m \geq n$ ）の画素ブロック（第2の画素ブロック）に含まれる画素それぞれと、これらの画素の対応点のSSDの内、最小のSSDを示す基準画素と対応点との間の視差で、第k番目の基準画素とその対応点との間の視差を置換することにより補正を行い、第2の視差を算出する。

【0017】つまり、換言すると、第2の視差算出手段は、対応点の検出が確実でない場合には、例えば、第k番目の基準画素の近傍の基準画素を中心画素とする $n \times n$ 構成の基準画像内の画素ブロックそれぞれと、第k番目の基準画素の近傍の画素を中心画素とする $n \times n$ 構成の画素ブロックに含まれる基準画素それぞれの対応点を中心とする $n \times n$ 構成の参照画像内の画素ブロックそれぞれとの相関性を判定し、第k番目の基準画素とその対応点との間の視差を、最も高い相関性を示す画素ブロックの中心画素の基準画素と、最も高い相関性を示す画素ブロックの中心画素の対応点と間の視差で置き換えて、第k番目の基準画素とその対応点との間の視差（第1の視差）を補正し、第2の視差を生成する。

【0018】このように、第2の視差算出手段が、対応が確実でない基準画素および対応点についてのみ視差の補正を行うようにすることにより、無条件に視差を補正する場合に比べて、本発明に係る視差算出装置全体として、視差の算出に要する演算量の増加を抑制することができる。また、第k番目の基準画素とその対応点との間の視差を、第k番目の基準画素の近傍の基準画素と、この第k番目の基準画素の近傍の基準画素の対応点との視差で置き換えることは、例えば、背景と対象物の境界（エッジ）部分を避けて視差を検出することを意味し、エッジ等の部分で生じやすい視差の誤差を少なくする。

【0019】また、本発明に係る距離算出装置は、対象物を撮影して第1の画像を生成する第1の画像生成手段と、前記対象物を撮影して第2の画像を生成する第2の画像生成手段と、生成した前記第1の画像の画素（第1の画素）それぞれと、生成した前記第2の画像の画素

（第2の画素）それぞれとを対応付けて、前記第1の画素それぞれと対応する前記第2の画素（対応点）を検出する対応点検出手段と、前記第1の画素それぞれと、検出したこれら第1の画素それぞれの前記対応点との間の第1の視差を算出する第1の視差算出手段と、前記第1の画素それぞれを含む所定の範囲内の第1の画素の内、対応点との対応が最も確実な前記第1の画素と、この対応が最も確実な第1の画素の前記対応点との間の前記第1の視差に基づいて、算出した前記第1の画素それぞれと前記対応点との間の前記第1の視差それぞれを補正する視差補正手段と、補正した前記第1の視差と、前記第1の画像生成手段および前記第2の画像生成手段の位置関係とに基づいて、前記第1の画像生成手段および前記第2の画像生成手段と、前記対象物との間の距離を算出する距離算出手段とを有する。

【0020】好適には、前記視差補正手段は、算出した前記第1の視差それぞれを、前記対応が最も確実な前記第1の画素と、この対応が最も確実な第1の画素の前記対応点との間の第1の視差で置換して補正し、第2の視差を生成する。

【0021】好適には、前記視差補正手段は、前記第1の画素それぞれと前記対応点それぞれとの対応が確実か否かを評価する確実性評価手段と、算出した前記第1の視差の内、対応が確実でない前記第1の画素と前記対応点との間の前記第1の視差を、前記対応が最も確実な前記第1の画素と、この対応が最も確実な第1の画素の前記対応点との間の第1の視差で置換して補正し、第2の視差を生成する補正手段とを有する。

【0022】好適には、前記対応点検出手段は、前記第1の画素それぞれの画素値と、前記第1の画素それぞれに対応する可能性を有する範囲の前記第2の画素それぞれの画素値とに対して、所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、前記視差補正手段の前記確実性評価手段は、前記第1の画素と、この第1の画素の対応点とに対する前記所定の評価関数の値に基づいて、前記第1の画素と、この第1の画素の対応点との対応が確実か否かを評価する。

【0023】好適には、前記対応点検出手段は、前記第1の画素それぞれを中心とする第1の画素ブロックに含まれる第1の画素それぞれの画素値と、前記第1の画素それぞれの対応点である可能性を有する範囲の前記第2の画素それぞれを中心とする前記第1の画素ブロックに含まれる第2の画素それぞれの画素値とに対して、前記所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、前記視差算出手段の前記補正手段は、前記第1の画素それぞれを



中心とする前記第 1 の画素ブロックを含む第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素と、前記第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素の対応点とに対する前記評価関数の値に基づいて、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素を検出し、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、前記第 2 の視差を生成する。

【0024】また、本発明に係る視差・距離算出方法は、対象物を撮影して第 1 の画像を生成し、前記対象物を撮影して第 2 の画像を生成し、生成した前記第 1 の画像の画素（第 1 の画素）それぞれと、生成した前記第 2 の画像の画素（第 2 の画素）それぞれとを対応付けて、前記第 1 の画素それぞれと対応する前記第 2 の画素（対応点）を検出し、前記第 1 の画素それぞれと、検出したこれら第 1 の画素それぞれの前記対応点との間の第 1 の視差を算出し、前記第 1 の画素それぞれを含む所定の範囲内の第 1 の画素の内、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の前記第 1 の視差に基づいて、算出した前記第 1 の画素それぞれと前記対応点との間の前記第 1 の視差それぞれを補正し、補正した前記第 1 の視差と、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の撮影位置とに基づいて、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の撮影位置と、前記対象物との間の距離を算出する。

【0025】好適には、算出した前記第 1 の視差それぞれを、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する。

【0026】好適には、前記第 1 の画素それぞれと前記対応点それぞれとの対応が確実か否かを評価し、算出した前記第 1 の視差の内、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、第 2 の視差を生成する。

【0027】好適には、前記第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれに対応する可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、所定の評価関数を用いて前記対応点を検出し、前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点とに対する前記所定の評価関数の値に基づいて、前記第 1 の画素と、この第 1 の画素の対応点との対応が確実か否かを評価する。

【0028】好適には、前記第 1 の画素それぞれを中心とする第 1 の画素ブロックに含まれる第 1 の画素それぞれの画素値と、前記第 1 の画素それぞれの対応点である可能性を有する範囲の前記第 2 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックに含まれる第 2 の画素それぞれの画素値とに対して、前記所定の評価関数を用いて

前記対応点を検出し、前記第 1 の画素それぞれを中心とする前記第 1 の画素ブロックを含む第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素と、前記第 2 の画素ブロックに含まれる前記第 1 の画素の対応点とに対する前記評価関数の値に基づいて、対応点との対応が最も確実な前記第 1 の画素を検出し、対応が確実でない前記第 1 の画素と前記対応点との間の前記第 1 の視差を、前記対応が最も確実な前記第 1 の画素と、この対応が最も確実な第 1 の画素の前記対応点との間の第 1 の視差で置換して補正し、前記第 2 の視差を生成する。

【0029】

【発明の実施の形態】

#### ステレオ画像処理

本発明の実施例の理解を容易にするために、まず、図 1 (A) ~ (C) を参照して、ステレオ画像処理を説明する。図 1 (A) ~ (C) は、ステレオ画像処理を示す図である。

【0030】上述のように、ステレオ画像処理は、2 つ以上の方向からカメラで同一対象物を撮影して得られる複数の画像間の画素同士を対応付け、対応する画素間の視差情報を、カメラから対象物までの距離情報に変換し、対象物の距離および形状またはこれらのいずれかを測定する。

【0031】つまり、例えば、図 1 (A) に示すように、2 台のカメラ A 1 0<sub>1</sub>、およびカメラ B 1 0<sub>2</sub> で対象物 2 2 を撮影すると、図 1 (B) に示すように、カメラ A 1 0<sub>1</sub> からは対象物の画像 2 2 0 a を含む画像 2 4 a（基準画像）が得られ、カメラ B 1 0<sub>2</sub> からは対象物の画像 2 2 0 b を含む画像（参照画像）2 4 b が得られ、対象物の画像 2 2 0 a、2 2 0 b には、対象物 2 2 上の同一の部分を撮影した画素（対応点 k、k'）が含まれる。

【0032】基準画像 2 4 a および参照画像 2 4 b の間の対応点を検出すると、図 1 (C) に示すように、これらの対応点 k、k' 間の視差を画素単位に求めることができる。このように求めた対応点 k、k' 間の視差と、2 台のカメラ A、B 1 0<sub>1</sub>、1 0<sub>2</sub> の角度（カメラアングル）および距離等とに基づいて、3 角測定の原理を応用して、対象物 2 2 上の各点とカメラ A 1 0<sub>1</sub>、およびカメラ B 1 0<sub>2</sub> との間の距離を測定することができ、さらに、対象物 2 2 上の各点までの距離から、対象物 2 2 の形状を解析することができる。

#### 【0033】エリアベースマッチング

ステレオ画像処理において、基準画像 2 4 a の対象物の画像 2 2 0 a 上の点（画素）k と、参照画像 2 4 b の対象物の画像 2 2 0 b 上の対応する画素（対応点）k' とを対応付ける方法として、例えば、エリアベースマッチング法が採られる。

【0034】エリアベースマッチング法は、カメラ A 1 0<sub>1</sub>、およびカメラ A 1 0<sub>2</sub> の距離および角度（位置関

係)と、基準画像24aの対象物の画像220a上の画素の位置とに基づいて、例えば、図1(B)に破線で示すように、参照画像24b内に仮想的に引かれる直線であって、画素kの参照画像24bにおける対応点k'が存在する範囲を示すエピソードライン上の画素それぞれを中心画素として、 $n \times n$ 個(例えば、 $n=5$ )の画素を含む参照画像24bの正方形の画素ブロックと、画素kを中心画素として、 $n \times n$ 個の画素を含む基準画像24aの正方形の画素ブロックとの相関性を、所定の評価関数を用いて判定し、最も高い相関性を示す参照画像24bの画素ブロックの中心画素を、画素kの対応点k'として検出する。

【0035】なお、対称点の検出に、 $n \times n$ 構成の画素ブロックを用いる理由は、ノイズの影響を軽減し、画素kの周囲の画素のパターンの特徴と、参照画像24bの対象点k'の周囲の画素のパターンの特徴との相関性を

$$SSD(x, y, \eta, \xi) = \sum_{i, j \in w} \{I(x+i, y+j) - J(x+i-\eta, y+j-\xi)\}^2 \quad \dots (1)$$

【0038】ただし、式1において、 $I(x, y)$ は、基準画像24a内の座標 $(x, y)$ の画素の画素データを示し、 $J(x, y)$ は参照画像24b内の座標 $(x, y)$ の画素の画素データを示し、 $\eta$ はx方向の視差を示し、 $\xi$ はy方向の視差を示し、 $w$ は各画素ブロックを示す。

【0039】つまり、ステレオ画像処理は、エリヤベースマッチング法により、参照画像24a内の画素kに対応する参照画像24b内のエピソードラインに沿って、視差 $(\eta, \xi)$ を変化させながら、基準画像24aおよび

$$\zeta = \sqrt{\eta_{\min}^2 + \xi_{\min}^2}$$

#### 【0041】評価関数(SSD)の値

なお、SSDの値は、基準画像24aおよび参照画像24bの画素ブロックに含まれ、互に対応する画素の画素データの値(画素値)の差が少なければ少ないほど小さくなる。

【0042】従って、SSDの最小値 $SSD_{\min}$ の値は、基準画像24aの画素kの参照画像24bにおける対応点k'の検出の確実性に対応し、最小値 $SSD_{\min}$ の値が小さければ小さいほど、画素kと対応点k'の対応が正しい可能性が増し、検出が確実であることを示し、逆に、最小値 $SSD_{\min}$ の値が大きければ大きいほど、画素kと対応点k'の対応が正しくない可能性が増し、検出が不確実であることを示す。

#### 【0043】エリヤベースマッチング法の問題点

次に、図2および図3を参照して、エリヤベースマッチング法の問題点を説明する。図2(A)、(B)は、背景20の前方に置かれた対象物22をカメラA10、お

明確化して判断することにより、対応点の検出の確実性を期すためであり、特に、変化が少ない基準画像24aおよび参照画像24bに対しては、大きい画素ブロックを用いれば用いるほど対応点の検出の確実性が増す。

【0036】エリヤベースマッチング法において、画素ブロック間の相関性を評価する評価関数としては、例えば、2つの画素ブロックの対応する画素同士の画素データの差分値の2乗値の総和(SSD;式1)、2つの画素ブロックの対応する画素同士の画素データの差分値の絶対値の総和、あるいは、正規化された相互相関(normalized cross correlation)が用いられる。以下、エリヤベースマッチング法の評価関数として、SSDが用いられる場合を例に説明する。

【0037】

【数1】

参照画像24bの画素ブロック間のSSDを順次、求め、SSDが最小値 $SSD_{\min}$ となる参照画像24bの画素を、画素kの対応点k'として検出し、さらに、検出した対応点k'の視差 $(\eta_{\min}, \xi_{\min})$ を、式2に代入して視差 $\zeta$ を算出する。カメラA10、およびカメラB10、から対象物22上の各点までの距離は、上述のように、求めた視差 $\zeta$ とカメラA10、およびカメラB10、の位置関係から算出することができる。

【0040】

【数2】

$$\dots (2)$$

およびカメラB10、で撮影して得られる基準画像24aおよび参照画像24bを示す図である。図3は、エリヤベースマッチング法による対応点の誤検出を例示する図である。

【0044】例えば、図2(A)に示したように、背景20に前置された対象物22をカメラA10、およびカメラB10、で撮影して得られた、図2(B)に示す基準画像24aおよび参照画像24bに対して、エリヤベースマッチング法を用いて対応点の検出処理を行った場合、図3に示す基準画像24aの対象物22と背景の境界(エッジ)部分の画素kの参照画像24bにおける対応点k'を検出する場合、誤検出が生じやすくなることがある。

【0045】例えば、画素kと対応点k'の間の視差 $(\eta, \xi)$ が非常に大きい場合、図3(a)に示すように、カメラA10、が撮影した基準画像24aにおいて、対象物の画像220aに接した背景の画像200a



の画素  $k$  の参照画像 2 4 b における背景の画像 2 0 0 b の本来の対応点  $k'$  が、カメラ B 1 0<sub>i</sub> が撮影した参照画像 2 4 b においては、図 3 (c) に示すように、対象物の画像 2 2 0 a から離れた位置にある場合がある。

【0046】このような場合、図 3 (b) に示すように、基準画像 2 4 a の画素  $k$  を中心画素とし、一方は対象物の画像 2 2 0 a に含まれ、他方は背景の画像 2 0 0 a に含まれる  $n \times n$  構成 (以下、 $n = 5$  の場合を例に説明を行う) の画素ブロックの 2 つの領域の画素それぞれの本来の対応点は、参照画像 2 4 b においては、図 3 (d) に示すように、離れた位置にあり、視差 ( $\eta$ ,  $\xi$ ) が大きく異なる 2 つの領域に分かれてしまうことがある。

【0047】さらに、例えば、背景の画像 2 0 0 a, 2 0 0 b の絵柄と、対象物の画像 2 2 0 a, 2 2 0 b の絵柄が大きく異なっている場合には、対象物の画像 2 2 0 a, 2 2 0 b と背景の画像 2 0 0 a, 2 0 0 b とを含む画素ブロックを用いた SSD の値が、背景の画像 2 0 0 a, 2 0 0 b のみを含む画素ブロックの値よりも小さくなる。従って、図 3 (e) に示すように、基準画像 2 4 a の画素  $k$  の参照画像 2 4 b における本来の対応点  $k'$  ではなく、対象物の画像 2 2 0 b に接した画素  $k''$  が、画素  $k$  の参照画像 2 4 b における対応点として誤検出される可能性が高くなる。なお、このような不具合は、背景の画像 2 0 0 a, 2 0 0 b の絵柄と、対象物の画像 2 2 0 a, 2 2 0 b の絵柄が大きく異なっている場合のみではなく、背景の画像 2 0 0 a, 2 0 0 b の絵柄と、対象物の画像 2 2 0 a, 2 2 0 b の絵柄が異なっている場合に一般的に生じる。

【0048】このような対応点の誤検出は、画素ブロックを小さくすることにより軽減することができるが、画素ブロックを小さくすると、エリアベースマッチング法による対応点の検出の確実性が低くなってしまふ。本発明の実施例は、かかる問題に鑑みてなされたものであり、エリアベースマッチング法による対応点の検出の確実性を高く保ちつつ、画像のエッジ部分等で生じうる対応点の誤検出の影響を減じることができるよう構成されている。

#### 【0049】距離測定装置 1 の構成

以下、本発明の実施例として示す距離測定装置 1 の構成を説明する。図 4 は、本発明に係る距離測定装置 1 の構成を示す図である。

【0050】図 4 に示すように、距離測定装置 1 は、2 台のカメラ A 1 0<sub>i</sub>, B 1 0<sub>i</sub> および距離測定部 1 2 から構成され、距離測定部 1 2 は、カメラインターフェース (カメラ I F) 回路 1 2 0、画像メモリ回路 1 2 2、演算処理回路 (CPU) 1 2 4、記録装置 (HDD) 1 2 6 および出力装置 1 2 8 から構成される。

【0051】距離測定装置 1 は、これらの構成部分により、カメラ A 1 0<sub>i</sub>, B 1 0<sub>i</sub> により対象物 2 2 を撮影

して得られた基準画像 2 4 a の画素および参照画像 2 4 b の画素の間の対応をとり、対応をとった画素間の視差  $\zeta$  を測定し、測定した視差  $\zeta$  に基づいて対象物 2 2 とカメラ A 1 0<sub>i</sub>, B 1 0<sub>i</sub> との間の距離および対象物 2 2 の形状を測定する。

#### 【0052】距離測定装置 1 の構成部分

以下、距離測定装置 1 の各構成部分を説明する。

#### 【0053】カメラ A 1 0<sub>i</sub>, カメラ B 1 0<sub>i</sub>

カメラ A 1 0<sub>i</sub> およびカメラ B 1 0<sub>i</sub> は、例えば、異なる位置に固定された 2 台以上の CCD ビデオカメラ、あるいは、移動可能な 1 台以上の CCD ビデオカメラであって、異なる位置から同一の背景 2 0 および対象物 2 2 (図 2) を撮影し、それぞれ基準画像 2 4 a および参照画像 2 4 b を生成して距離測定部 1 2 に対して出力する。

#### 【0054】カメラインターフェース回路 1 2 0

カメラインターフェース回路 1 2 0 は、カメラ A 1 0<sub>i</sub> およびカメラ B 1 0<sub>i</sub> から入力された基準画像 2 4 a および参照画像 2 4 b を受け入れて、画像メモリ回路 1 2 2 に対して出力する。

#### 【0055】画像メモリ回路 1 2 2

画像メモリ回路 1 2 2 は、カメラインターフェース回路 1 2 0 を介して入力された基準画像 2 4 a および参照画像 2 4 b を、フレーム単位で記憶し、演算処理回路 1 2 4 に対して供給する。

#### 【0056】演算処理回路 1 2 4

演算処理回路 1 2 4 は、例えば、画像処理用の DSP、制御用の CPU、ROM、RAM およびその他の周辺回路 (図示せず) から構成され、距離測定装置 1 の各構成部分を制御するとともに、基準画像 2 4 a および参照画像 2 4 b に対してステレオ画像処理を行い、カメラ A 1 0<sub>i</sub> およびカメラ B 1 0<sub>i</sub> に対する対象物 2 2 上の各点の視差  $\zeta$  の測定、カメラ A 1 0<sub>i</sub> およびカメラ B 1 0<sub>i</sub> と対象物 2 2 上の各点との距離の測定、および、対象物 2 2 の形状の解析を行い、これらの結果を記録装置 1 2 6 に記録し、あるいは、出力装置 1 2 8 を介して外部に出力する。

#### 【0057】演算処理回路 1 2 4 のステレオ画像処理

以下、図 5 をさらに参照して、演算処理回路 1 2 4 によるステレオ画像処理の内容を説明する。図 5 (A), (B) は、本発明に係る距離測定装置 1 (図 4) の演算処理回路 1 2 4 による視差  $\zeta$  の補正処理を示す図である。

#### 【0058】視差の算出

まず、演算処理回路 1 2 4 は、基準画像 2 4 a の各画素と、参照画像 2 4 b の各画素とを、例えば上述したように、式 1 に示した SSD を評価関数として用いてエリアベースマッチング法により対応付け、式 2 に示した視差  $\zeta$  (第 1 の視差) を算出し、基準画像 2 4 a または参照画像 2 4 b の対応する画素と対応付けて視差画像を生

成し、演算処理回路 1 2 4 内の RAM に記憶する。

#### 【 0 0 5 9 】 対応点の検出の確実性の評価

次に、演算処理回路 1 2 4 は、基準画像 2 4 a の画素 k と参照画像 2 4 b の対応点 k' を検出した際の SSD の最小値  $SSD_{i1}$  が、所定の閾値以下である場合に、基準画像 2 4 a の画素 k と対応点 k' との対応が確実であると評価し、所定の閾値以下でない場合に、基準画像 2 4 a の画素 k と対応点 k' との対応が不確実であると評価する。なお、対応点の検出に用いられる閾値は、例えば、実験等により最適な値に設定する。

【 0 0 6 0 】 基準画像 2 4 a の画素 k の参照画像 2 4 b における対応点 k' の検出が確実であると判定した場合には、演算処理回路 1 2 4 は、算出した第 1 の視差  $\delta_1$  をそのまま正しい視差  $\delta$  とし、基準画像 2 4 a の画素 k の参照画像 2 4 b における対応点 k' の検出が確実であると判定した場合には、演算処理回路 1 2 4 は、以下のような視差  $\delta$  の補正を行う。

#### 【 0 0 6 1 】 視差の補正

演算処理回路 1 2 4 は、図 5 (A) に示すように、対応が確実でないとして判定した基準画素 k を中心画素とし、対応点の検出に用いた  $n \times n$  構成の画素ブロックを含み、この画素ブロックよりも大きい  $m \times m$  構成 ( $m \geq n$ ; 但し、 $m = n$  の場合を例示) の画素ブロックに含まれる基準画素それぞれと、この  $m \times m$  構成の画素ブロックに含まれる基準画素それぞれとの間の SSD の内、最も小さい SSD の値 ( $SSD_{i1}$ ) を示す基準画素と、その対応点とを検出する。

【 0 0 6 2 】 つまり、演算処理回路 1 2 4 は、基準画像 2 4 a の基準画素 k を中心画素とする  $m \times m$  構成の画素ブロックに含まれる  $m \times m$  個の基準画素それぞれを中心画素とする  $n \times n$  構成の基準画像 2 4 a 内の画素ブロックそれぞれと、基準画像 2 4 a の基準画素 k を中心画素とする  $m \times m$  構成の画素ブロックに含まれる  $m \times m$  個の基準画素それぞれの対応点を中心画素とする  $n \times n$  構成の参照画像 2 4 b 内の画素ブロックそれぞれとの間の  $m \times m$  個の SSD の値の内、最も小さい SSD の値 ( $SSD_{i1}$ ) を示す基準画像 2 4 a の基準画素が、その対応点と最も確からしく対応すると判定する。

【 0 0 6 3 】 さらに、演算処理回路 1 2 4 は、対応点と最も確からしく対応すると判定した基準画像 2 4 a の画素とその対応点との視差で、視差画像中の画素 k とその対応点 k' との第 1 の視差  $\delta_1$  を置換して、視差  $\delta$  を補正する。

【 0 0 6 4 】 演算処理回路 1 2 4 は、以上のようにして得られた視差  $\delta$  の値それぞれを、基準画像 2 4 a または参照画像 2 4 b の画素それぞれに対応付けた視差画像を生成し、さらに、視差画像に基づいてカメラ A 1 0、およびカメラ B 1 0、と対象物 2 2 上の各点との距離の測定、および/または、対象物 2 2 の形状の解析を行って、これらの結果を記録装置 1 2 6 に記憶し、あるいは、

は、出力装置 1 2 8 に対して出力する。

#### 【 0 0 6 5 】 視差の補正の意味

このように、基準画像 2 4 a の画素 k と、その対応点として最初に検出された参照画像 2 4 b の対応点 k' との間の第 1 の視差  $\delta_1$  を、基準画像 2 4 a の画素 k の近傍において、SSD の最も小さい値を与える基準画像 2 4 a の画素とその対応点 k' との間の視差に置き換えるということは、例えば、図 3 (b)、(d) に示したように、対象物 2 2 と背景 2 0 の境界 (エッジ) 部分で誤検出された対応点 k' を捨て、図 5 (B) に例示するように、対応点の誤検出が生じやすいエッジ部分を避けて、背景の画像 2 0 0 a の画素と対象物の画像 2 2 0 a の画素とが混在しない画素ブロックを用いて、最も確からしい対応点との間の視差を求めることを意味する。

【 0 0 6 6 】 従って、基準画像 2 4 a の画素 k と対応点 k' との間の第 1 の視差  $\delta_1$  の値よりも、基準画像 2 4 a の画素 k と対応点 k' との間の第 2 の視差  $\delta_2$  の値の方が、より正確であると考えることができる。

#### 【 0 0 6 7 】 距離測定装置 1 の動作

以下、図 6 をさらに参照して、距離測定装置 1 の動作を説明する。図 6 は、本発明に係る距離測定装置 1 の動作を示すフローチャートである。

【 0 0 6 8 】 図 6 に示すように、ステップ 1 0 0 (S 1 0 0) において、距離測定装置 1 の距離測定部 1 2 は、カメラ A 1 0、およびカメラ B 1 0、から複数 (2 つ) の画像 (基準画像 2 4 a および参照画像 2 4 b) を取り込む。

【 0 0 6 9 】 ステップ 1 0 2 (S 1 0 2) において、距離測定部 1 2 の演算処理回路 1 2 4 は、基準画像 2 4 a の画素それぞれを中心画素とする  $n \times n$  構成の画素ブロックと、そのエッジポラライン上の参照画像 2 4 b の画素それぞれを中心画素とする  $n \times n$  構成の画素ブロックとの間の SSD を算出し、基準画像 2 4 a の画素と最小値  $SSD_{i1}$  を与える参照画像 2 4 b の画素ブロックの中心画素とを対応付けて対応点の検出を行う。つまり、演算処理回路 1 2 4 は、基準画像 2 4 a の画素と参照画像 2 4 b の画素との間で、エリアベースマッチング法による対応点の検出を行う。

【 0 0 7 0 】 ステップ 1 0 4 (S 1 0 4) において、演算処理回路 1 2 4 は、基準画像 2 4 a の画素それぞれと、S 1 0 2 の処理において検出された参照画像 2 4 b の対応点との間の第 1 の視差  $\delta_1$  を算出し、基準画像 2 4 a または参照画像 2 4 b の画素それぞれと対応付けて視差画像を生成する。

【 0 0 7 1 】 ステップ 1 0 6 (S 1 0 6) において、演算処理回路 1 2 4 は、算出した視差  $\delta_1$  に対応する SSD の最小値  $SSD_{i1}$  の値と、上記閾値とを比較し、最小値  $SSD_{i1}$  の値が閾値よりも大きい場合には、対応点と最も確からしく対応すると判定した基準画像 2 4 a の画素とその対応点との視差  $\delta_2$  で、視差画像中の視差

と、を置換することにより、補正を行う。

【0072】ステップ108 (S108)において、演算処理回路124は、補正した視差画像、および、補正した視差画像から得られた対象物22とカメラA10<sub>1</sub>、およびカメラB10<sub>2</sub>との距離、および、解析の結果として得られた対象物22の形状を示すデータを、記録装置126および/または出力装置128に対して出力する。

【0073】以上説明したように、本発明に係る距離測定装置1によれば、エリアベースマッチング法を用いたステレオマッチング画像処理により求められる視差の精度を大きく改善することができ、形状解析により鮮明な対象物の画像を得ることができる。

【0074】なお、実施例に示した他、例えば、距離測定装置1の動作を、最小値SSD<sub>min</sub>が閾値以上の値を示す視差と<sub>1</sub>のみでなく、全ての視差と<sub>1</sub>に対して無条件に補正を行うように変更することができる。また、視差と<sub>1</sub>の算出処理と補正処理とを順番(シーケンシャル)に行うと、多くの処理時間が必要になるので、例えば、SSDの最小値SSD<sub>min</sub>の算出が終了した時点で、視差と<sub>1</sub>の算出処理と補正処理とを並行して行うように距離測定装置1の動作を変更することができる。

【0075】また、補正処理において、最初に検出された対応点を中心画素とする画素ブロックに含まれる画素それぞれを中心とする画素ブロックの全てについて、SSDを算出すると多くの処理時間が必要となるので、例えば、最初に検出された対応点を中心画素とする画素ブロックの外周の画素を中心画素とする画素ブロックについてのみSSDを算出する、あるいは、最初に検出された対応点を中心画素とする画素ブロックに含まれる画素を、1つおきに中心画素とする画素ブロックについてSSDを算出するように、距離測定装置1の補正処理を変更することができる。

【0076】また、実施例における距離測定装置1の各構成部分は例示であって、例えば、同一の機能および性能が実現可能である限り、ソフトウェア的な手段によるかハードウェア的な手段によるかを問わない。また、対応点の検出処理および視差の補正処理に用いる画素ブロックの構成は例示であり、他の構成の画素ブロック、例えば長方形の画素ブロックを用いて対応点の検出処理および視差の補正処理を行ってもよい。また、距離測定装

置1は、2台のカメラを用いて基準画像24aおよび参照画像24bを得るように構成されているが、さらに多くのカメラを用いて、これらのカメラの任意の2台から基準画像24aおよび参照画像24bを得たり、あるいは、1台のカメラを移動させて基準画像24aおよび参照画像24bを得たりするように距離測定装置1の構成を変更することが可能である。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、対象物の複数の画像から得られた画素間の視差情報を確からしい値に補正することができる。また、本発明によれば、対象物の複数の画像から得られた画素間の視差情報を確からしい値に補正することにより、対象物の正確な距離および形状を計測することができる。また、本発明によれば、対象物の複数の画像から得られた画素間の視差情報を確からしい値に補正することができ、対象物の正確な距離および形状を計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)～(C)は、ステレオ画像処理を示す図である。

【図2】(A)、(B)は、背景の前方に置かれた対象物をカメラAおよびカメラB1で撮影して得られる基準画像および参照画像を示す図である。

【図3】エリアベースマッチング法による対応点の誤検出を例示する図である。

【図4】本発明に係る距離測定装置の構成を示す図である。

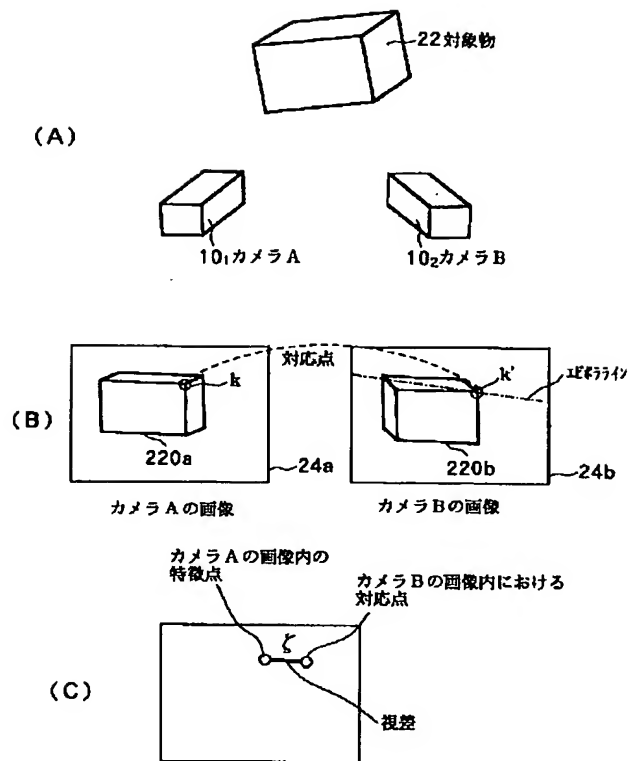
【図5】(A)、(B)は、本発明に係る距離測定装置(図4)の演算処理回路による視差と<sub>1</sub>の補正処理を示す図である。

【図6】本発明に係る距離測定装置の動作を示すフローチャートである。

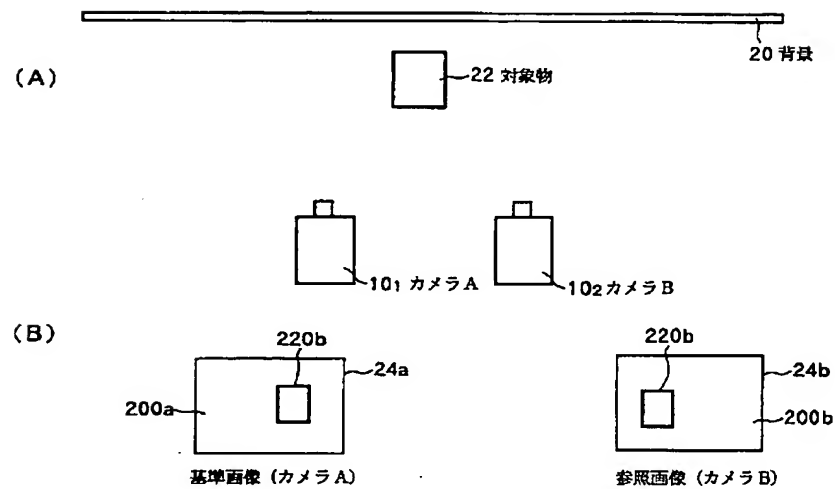
【符号の説明】

1…距離測定装置、10<sub>1</sub>…カメラA、10<sub>2</sub>…カメラB、12…距離測定部、120…カメラインターフェース回路、122…画像メモリ回路、124…演算処理回路、126…記録装置、128…出力装置、20…背景、200a、200b…背景の画像、22…対象物、220a、220b…対象物の画像、24a…基準画像、24b…参照画像。

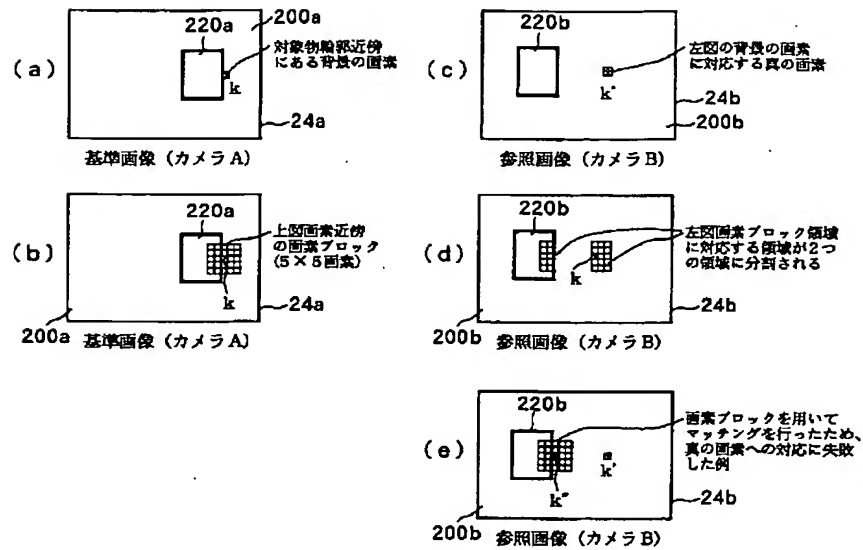
【図 1】



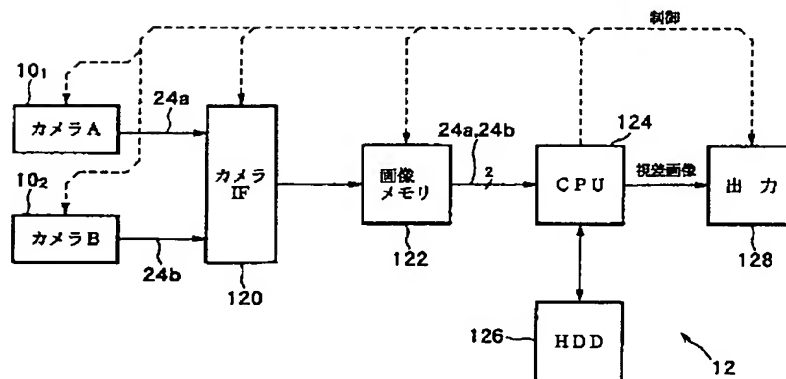
【図 2】



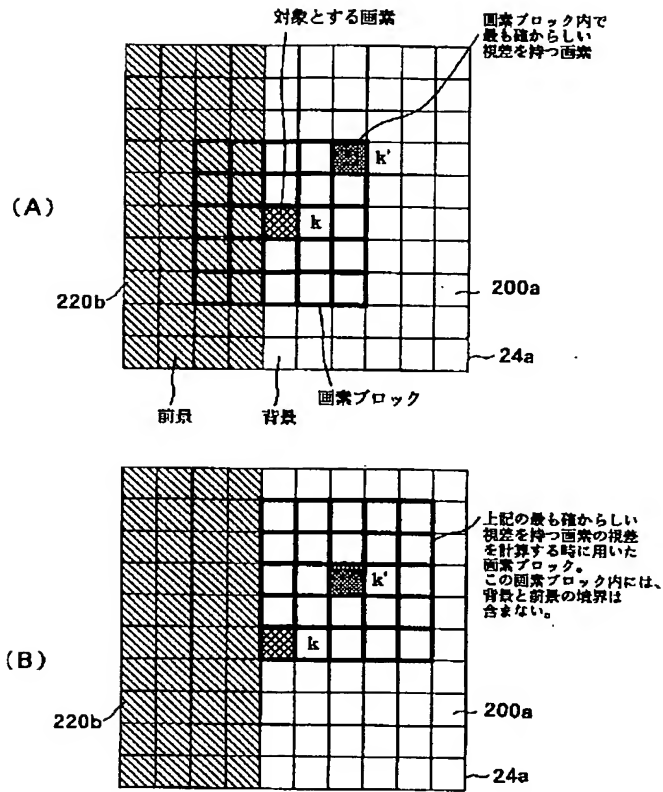
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

